⑲日本国特許庁(JP)　⑪特許出願公開

⑫公開特許公報(A)　平3-72686

⑤Int. Cl.⁵	識別記号	庁内整理番号	⑬公開　平成3年(1991)3月27日
H 01 S 3/133		6940-5F	

審査請求　未請求　請求項の数 6　(全8頁)

⑭発明の名称　半導体レーザ装置

⑳特　願　平2-136691
㉒出　願　平2(1990)5月25日
優先権主張　㉜平1(1989)5月25日㉝日本(JP)㉞特願　平1-131857

⑫発明者　大島　茂　神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地　株式会社東芝小向工場内
⑫発明者　中村　美都子　神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地　株式会社東芝小向工場内
⑪出願人　株式会社東芝　神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
⑭代理人　弁理士　鈴江　武彦　外3名

明　細　書

1．発明の名称

半導体レーザ装置

2．特許請求の範囲

(1) 制御信号に応じた波長のレーザ光を放射する半導体レーザと、

この半導体レーザから放射されるレーザ光を平行ビームに変換する光学系と、

水晶エタロンを光透過媒体とし、該媒体の両端面に反射膜を形成してなるファブリペロー共振器と、

このファブリペロー共振器に一対の電極を形成し、該電極に交流信号を印加して前記水晶エタロンに交流電界を与え、これによって共振器の共振波長を微少量振動させる振動発生手段と、

前記ファブリペロー共振器の透過光を入射して電気信号に変換する光検出器と、

前記ファブリペロー共振器の一対の電極に印加する交流信号と前記光検出器で検出した電気信号とを同期検波する同期検波器と、

この同期検波器より得られる信号を誤差信号とし、該誤差信号が小さくなるように前記半導体レーザに波長制御信号を送出するフィードバック制御器と、

を具備し、

前記半導体レーザの発振波長を前記ファブリペロー共振器の共振波長に略一致させるようにしたことを特徴とする半導体レーザ装置。

(2) 前記半導体レーザは、2か所からレーザ光を放射する多電極半導体レーザであり、一方のレーザ光を前記ファブリペロー共振器、振動発生手段、光検出器、同期検波器及びフィードバック制御器からなる波長制御系に入射し、他方のレーザ光を光出力モニタ用及び光信号伝送用に用いることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ装置。

(3) 制御信号に応じた波長のレーザ光を放射する半導体レーザと、

この半導体レーザから放射されるレーザ光を平行ビームに変換する光学系と、

水晶エタロンを光透過媒体とし、該媒体の両端

面に反射鏡を形成してなるファブリペロー共振器と、

このファブリペロー共振器に一対の電極を形成し、該電極に交流信号を印加して前記水晶エタロンに交流電界を与え、これによって共振器の共振波長を微少量振動させる振動発生手段と、

前記ファブリペロー共振器に一対の電極を形成し、該電極間に帰還増幅器を介在する帰還ループを形成して、前記バルクの共振時に発生する発振信号を帰還増幅して発振させる発振手段と、

前記ファブリペロー共振器の通過光を入射して電気信号に変換する光検出器と、

前記発振手段の帰還ループから発振信号を取出し、該発振信号と前記光検出器で検出した電気信号とを同期検波する同期検波器と、

この同期検波器より得られる信号を誤差信号とし、該誤差信号が小さくなるように前記半導体レーザに波長制御信号を送出するフィードバック制御器と、

を具備し、

前記半導体レーザの発振波長を前記ファブリペロー共振器の共振波長に略一致させるようにしたことを特徴とする半導体レーザ装置。

(4) 前記半導体レーザは、2か所からレーザ光を放射する多電極半導体レーザであり、一方のレーザ光を前記ファブリペロー共振器、振動発生手段、光検出器、同期検波器及びフィードバック制御器からなる波長制御系に入射し、他方のレーザ光を光出力モニタ用及び光信号伝送用に用いることを特徴とする請求項3記載の半導体レーザ装置。

(5) 前記光検出器で検出される電気信号の直流成分を前記半導体レーザの光出力モニタ信号として取り出すモニタ手段を備えることを特徴とする請求項1、3いずれか記載の半導体レーザ装置。

(6) 前記半導体レーザは、2か所からレーザ光を放射する多電極半導体レーザであり、このレーザから放射される一方のレーザ光を2系統に分配する分配手段を備え、この分配手段で分光された一方の系統のレーザ光を前記ファブリペロー共振器、振動発生手段、光検出器、同期検波器及びフ

ィードバック制御器からなる波長制御系に入射し、他方の系統のレーザ光を光信号伝送用に用いることを特徴とする請求項5記載の半導体レーザ装置。

3．発明の詳細な説明

［発明の目的］

（産業上の利用分野）

この発明は、光通信等に用いる半導体レーザ装置に関する。

（従来の技術）

周知のように、コヒーレント光通信等の光源としては、半導体レーザがよく用いられるが、レーザ光の波長の安定性が要求されるため、従来では、第5図に示すように構成して波長の安定化が図られている。

第5図において、101は電流もしくは温度で発振周波数が可変できる半導体レーザであり、図中左方に進行する光は光学レンズ102によって信号伝送用の光ファイバ103に集光され、該光ファイバ105を通じて光信号の伝送に供される。一方、図中右方に進行する光は光学レンズ104によって

平行光に変換された後、ビームスプリッタ105に入射されて2系統に分割される。

ビームスプリッタ105で分割された一方の光は光学レンズ106を通過して第1の光検出器107に入射される。すなわち、この光検出器107の検出出力を見ることにより、半導体レーザ101の出力光強度をモニタすることができる。他方の光は反射鏡108，109により形成したファブリペロー共振器に入射され、特定波長の共振を受けた後、光学レンズ110を通過して第2の光検出器111に入射される。

この第2の光検出器111の出力は、ファブリペロー共振器で受けた共振により、第6図に示すように、波長に対して周期的なピークを有する。そこでこの装置は、第1の光検出器107の出力レベルを基準にして第2の光検出器111の検出レベルが一定値をとるように、フィードバック制御器112によって半導体レーザ101への電流制御または温度制御の行うことにより、レーザ光の発振波長を設定波長に固定している。

ところで、上記構成による従来の半導体レーザ装置には、以下のような２つの大きな問題がある。

第１の問題点は、第６図に示したように、設定波長が波長引込み範囲の中心にないため、安定にフィードバック制御をかけるのに波長引込み範囲を有効に使うことができないことにある。このような特性は、ファブリペロー共振器のフィネスを大きくして高感度化すると益々強まるので、ファブリペロー共振器に対する高感度化の妨げとなっている。第２の問題点は制御がＤＣ的であり、ドリフトに弱いということにある。すなわち、第１、第２の光検出器107，111の感度の変化、光検出器の出力を増幅する増幅器の感度変化、０点ドリフト、さらには光路中におけるゴミ等の付着による光量の変化等は全て設定波長精度にかかってくる。このため、長期的に波長が安定した装置を作ることは極めて困難であった。

（発明が解決しようとする課題）

以上述べたように従来の半導体レーザ装置では、設定波長が波長引込み範囲の中心にないため、

取扱いに不便であり、高感度化の妨げともなっていた。さらに、制御がＤＣ的であるため、種々のドリフトに弱く、長期的に波長を安定させることが困難であった。

そこで、この発明は上記の欠点を除去すべくなされたもので、設定波長が波長引込み範囲の中心にあって取扱いが容易であり、また高感度化が可能で、しかも長期的に波長を安定化することのできる半導体レーザ装置を提供することを目的とする。

［発明の構成］

（課題を解決するための手段）

上記目的を達成するためにこの発明に係る半導体レーザ装置は、半導体レーザから放射されるレーザ光を光学系によって平行光に変換した後、水晶エタロンを光透過媒体とし、該媒体の両端面に反射膜を形成してなるファブリペロー共振器に入射して、レーザ光を反射膜間の距離に応じた波長で共振させ、光検出器に導く。ファブリペロー共振器には一対の電極を形成し、該電極に交流信

号を印加して前記水晶エタロンに交流電界を与え、これによって共振器の共振波長を微少量振動させ、光検出器の検出信号とファブリペロー共振器の一対の電極に印加する交流信号とを同期検波し、この検波信号を誤差信号として、該誤差信号が小さくなるように、フィードバック制御器を通じて前記半導体レーザに波長制御信号を送出するように構成される。

上記誤差信号を得る手段としては、ファブリペロー共振器の一対の電極間に帰還増幅器を介在する帰還ループを形成して、バルク共振時に発生する発振信号を帰還増幅して発振させ、光検出器の検出信号と帰還ループから発振信号とを同期検波し、これを誤差信号としてもよい。

上記半導体レーザが２か所からレーザ光を放射する多電極半導体レーザである場合には、一方のレーザ光を上記の制御系に入射し、他方のレーザ光を光出力モニタ用及び光信号伝送用に用いるとよい。

また、上記光検出器の直流出力をモニタ信号と

して取り出すようにしてもよい。この場合、上記半導体レーザが２か所からレーザ光を放射する多電極半導体レーザである場合には、一方のレーザ光を２系統に分光して、一方を制御系に入射し、他方を光信号伝送用としてもよい。

（作用）

上記構成の半導体レーザ装置では、半導体レーザから放射されるレーザ光をファブリペロー共振器に入射して特定波長で共振させる際、交流信号によって微小量振動させ、該共振器の出射光を光検出器で光電変換し、この変換出力を交流信号を基準に同期検波する。また、水晶エタロンを水晶振動子として振動させた場合、この振動子より発振出力される交流信号と前記光検出器からの信号とを同期検波する。この検波出力を誤差信号として半導体レーザにフィードバックし、誤差信号が小さくなる方向にレーザ光の波長を変化させる。ここで共振器の共振波長を設定波長とほぼ一致させておくことにより、設定波長を波長引込み範囲の中心に位置させ、波長引込み範囲を有効に利用

することができるようになる。

また、上記ファブリペロー共振器の一対の電極間に帰還増幅器を介在する帰還ループを形成して、水晶エタロン共振時に発生する発振信号を帰還増幅して発振させ、光検出器の検出信号と帰還ループから発振信号とを同期検波するようにしても、上記誤差信号を得ることができ、この誤差信号を半導体レーザにフィードバックし、誤差信号が小さくなる方向にレーザ光の波長を変化させ、共振器の共振波長を設定波長とほぼ一致させておくことにより、設定波長を波長引込み範囲の中心に位置させ、波長引込み範囲を有効に利用することができるようになる。

上記半導体レーザが2か所からレーザ光を放射する多電極半導体レーザである場合には、一方のレーザ光を上記の制御系に入射し、他方のレーザ光を光出力モニタ用及び光信号伝送用に用いれば、各レーザ光を有効に利用でき、小型化、簡易化に供し得る。

また、ファブリペロー共振器の透過光を検出する光検出器の直流出力は、ファブリペロー共振器に入射するレーザ光の強度に比例しているので、モニタ信号として取り出すことができ、これによって単独にモニタ系を設ける必要がなくなり、小型化、簡易化に供することができる。この場合、半導体レーザが2か所からレーザ光を放射する多電極半導体レーザの場合には、一方のレーザ光を2系統に分配して、一方を制御系に入射し、他方を光信号伝送用に用いれば、さらに小型、簡易化に供し得る。

（実施例）

以下、この発明の一実施例を第1及び第2図を参照して説明する。

第1図はこの発明に係る半導体レーザ装置の構成を示すものである。

第1図において、11は波長可変とする半導体レーザであり、ここから図中左方に出射する光S_1は、光学レンズ12によって平行光に変換された後、ビームスプリッタ13で2系統に分割され、各系統の光S_2，S_3は光学レンズ14，16により光ファイバ15、第1の光検出器17に集光される。光ファイバ15は光伝送路に接続され、第1の光検出器17の出力信号は半導体レーザ11の出力光モニタとして利用される。一方、半導体レーザ11から図中右方に出射される光S_4は、光学レンズ18により平行光に変換された後、下記に詳述するファブリペロー共振器19によって特定波長で共振を受けて、光学レンズ20を通過して第2の光検出器21へ導かれる。

上記ファブリペロー共振器19は水晶製エタロンによるものである。この水晶製エタロンは、結晶のZ軸方向（図示矢印で示すC軸方向に対して垂直な方向）に光を通すように、水晶バルク19_1の両端面を正方形または長方形とする直方体形状に整形し、両端面（Z軸方向にカットしたZカット面とする）に誘電体多層膜を蒸着して反射鏡19_2，19_3を形成し、また結晶のXカット面（Zカット面に垂直で互いに対向する一対の側面）にそれぞれ金属板を接着して電極19_4，19_5を形成したものである。

上記電極19_4，19_5は交流信号発生器26の出力端子に接続される。すなわち、交流信号発生器26からの交流信号V_1を電極19_4，19_5に印加してX軸方向（図面の上下方向）に電界Exを加え、入射光S_4をX軸方向もしくはY軸方向（図面の表裏方向）に直線偏向するようになされている。これによってファブリペロー共振器19に入射されたレーザ光S_4は水晶の電気光学効果r_{11}によりファブリペロー共振器長に対応する変調を受けることになる。

上記第2の光検出器21の出力V_2は、交流信号発生器26から出力される交流信号V_1と共に同期検波器27に供給される。この同期検波器27は交流入力V_1を基準に第2の光検出器21の出力V_2の積をとり、高周波成分を除去して同期検波を行い、その検出結果を誤差信号としてフィードバック制御器28に出力するものである。このフィードバック制御器28は入力誤差信号に所定のフィードバックゲインをかけ、その値に応じて半導体レーザ11の発振波長を決定する注入電流（または温度）を

すなわち、この実施例の半導体レーザ11は多電極ＤＦＢレーザであり、前述したように右方出力と左方出力の比が一定でない。ここでは光強度の大きい左方の出力光のみを使用するものとする。左方から出射された光S_1は、第１図の場合と同様に、光学レンズ12によって平行光に変換された後、ビームスプリッタ13で２系統に分割され、各系統の光S_2，S_3はそれぞれ光学レンズ14，16により光ファイバ15、光検出器17に集光される。

ビームスプリッタ13で分岐されたモニタ系統の光S_3の光路には前述のファブリペロー共振器19が配置される。このファブリペロー共振器19の電極19_4，19_5には交流信号発生器26からの交流信号V_1が印加され、バルク19_1にはＸ軸方向（図面の左右方向）に電界Ｅｘが加えられ、入射光S_3はＸ軸方向もしくはＹ軸方向（図面の表裏方向）に直線偏光される。

上記光検出器17の出力V_2は、直流増幅器30で増幅された後、交流信号発生器26から出力される交流信号V_1と共に同期検波器27に供給される。

この同期検波器27で検波された誤差信号はフィードバック制御器28に出力される。一方、上記直流増幅器30の出力はローパスフィルタ（ＬＰＦ）31にも供給される。このローパスフィルタ31は光検出信号から低域成分のみを抽出し、これによってファブリペロー共振器19で受けた変調成分を除去するもので、その低域信号は光出力S_1のモニタ出力としてフィードバック制御器28に供給される。

このフィードバック制御器28は同期検波器27からの誤差信号に所定のフィードバックゲインをかけ、その値に応じて半導体レーザ11の発振波長を決定する注入電流（または温度）を変化させ、上記誤差信号を０とするように波長（周波数）を制御する。これと同時に、ローパスフィルタ31からのモニタ信号に応じて、注入電流（または温度）を制御することにより、光強度を制御する。

上記構成において、レーザ光の波長は同期検波器27、フィードバック制御器28によってファブリペロー共振器19の共振波長に安定化される。このとき、光検出器17の直流成分はレーザの出力モニ

タとして使用することができる。そこで、この実施例では、光検出器17の信号を直流増幅器30で直流増幅した後、ローパスフィルタ31で変調成分を除去することにより、出力モニタ信号としてフィードバック制御器28に送る。

したがって、上記構成による半導体レーザ装置では、フィードバック制御器28でレーザ光の波長のみならず、出力モニタ信号に応じて光強度を制御することにより、多電極ＤＦＢレーザ11の各電極に適切な注入電流を流すことができる。しかも、全体の部品点数を低減すると共に、軸合わせの調整箇所をも低減することができる。

尚、上記のいずれの実施例においても、同期検波後の出力にオフセット電圧を加えて誤差信号とすれば、ファブリペロー共振器の共振周波数近傍に波長を設定することができることはいうまでもない。

また、各実施例におけるファブリペロー共振器19は、水晶バルク19_1に対して反射鏡19_2，19_3、電極19_4，19_5を異なる面に形成したが、透明な

電極を用いて反射鏡と同一面に配置する方法がある。例えば、水晶バルク19_1の一対のＺカット面に形成した反射鏡19_2，19_3の上に透明材料による電極19_4，19_5を形成し、Ｚ軸方向に電界Ｅｚを加え、入射光をＹ軸方向に直線偏光するように構成しても同様な効果が得られる。

その他、この発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形しても同様に実施可能である。

［発明の効果］

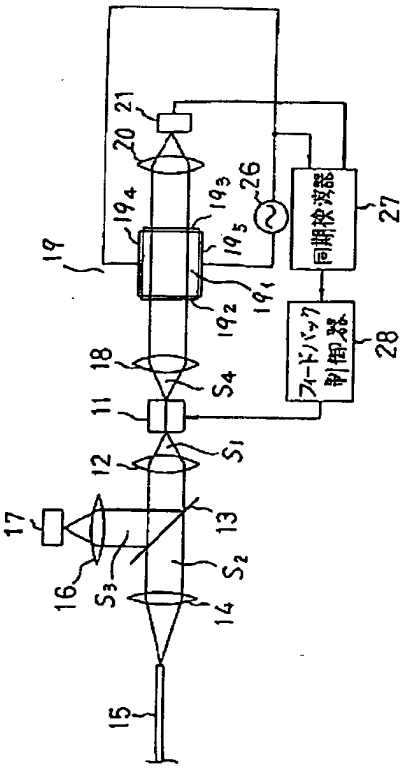
以上述べたようにこの発明によれば、設定波長が波長引込み範囲の中心にあるため、容易に安定したフィードバックをかけることができ、また、ファブリペロー共振器のフィネスを高めて高感度化することもできる。さらに、光検出器系、その信号を増幅するアンプ等のドリフトの影響も受け難くなり、長期にわたり安定した発振波長を得ることができ、これによってコヒーレント光通信等に用いて好適な半導体レーザ装置を提供することができる。

4．図面の簡単な説明

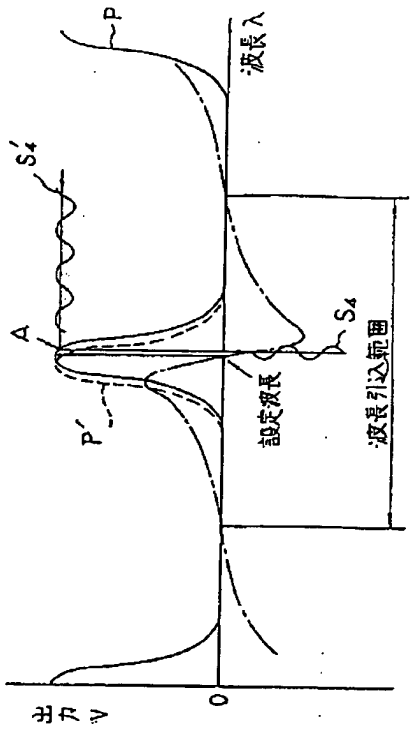
第1図はこの発明に係る半導体レーザ装置の第1の実施例を示す構成図、第2図は同実施例の動作を説明するための特性図、第3図はこの発明に係る第2の実施例を示す構成図、第4図はこの発明に係る第3の実施例を示す構成図、第5図は従来の半導体レーザ装置を示す構成図、第6図は従来の半導体レーザ装置の動作を説明するための特性図である。

11…半導体レーザ、12，14，16，18，20…光学レンズ、19…ファブリペロー共振器、19_1…水晶バルク、19_2，19_3…反射鏡、19_4，19_5…電極、17，21…光検出器、26…交流信号発生器、27…同期検波器、28…フィードバック制御器、29…水晶発振器、29_1…帰還回路、29_2…増幅器、30…直流増幅器、31…ローパスフィルタ。

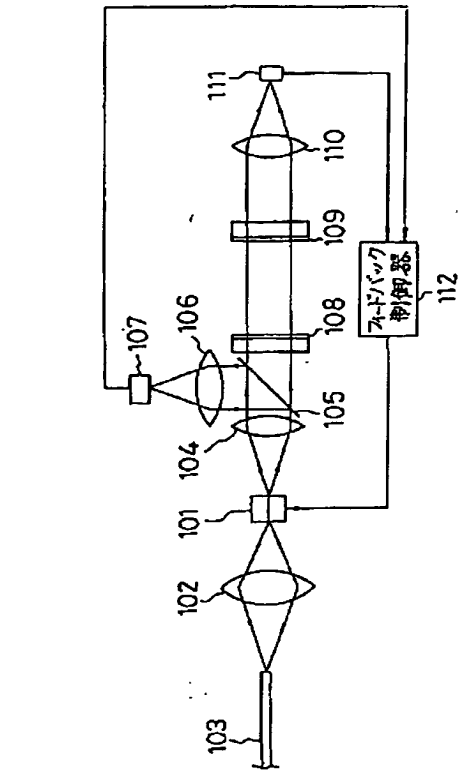
出願人代理人　弁理士　鈴江武彦



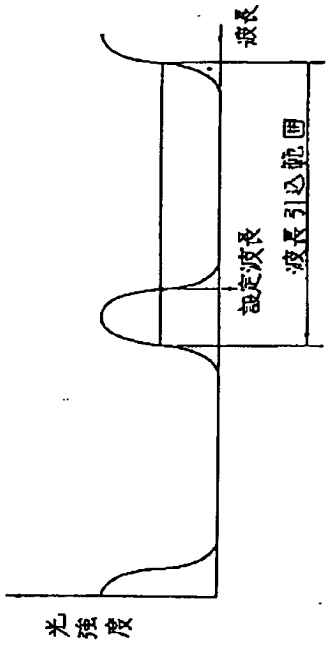
第1図



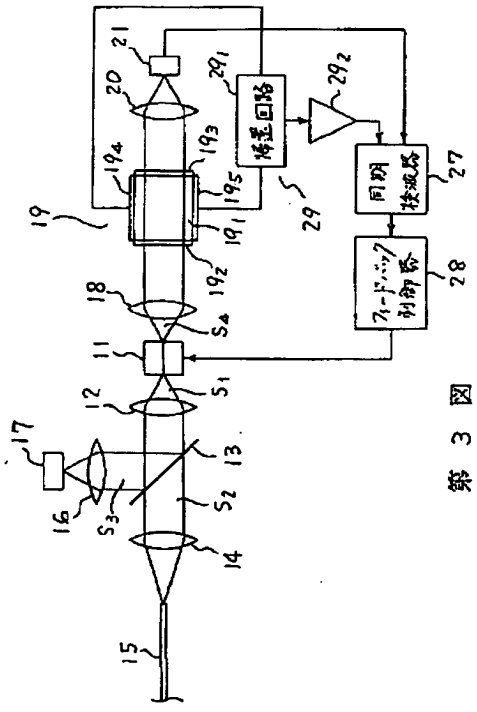
第2図



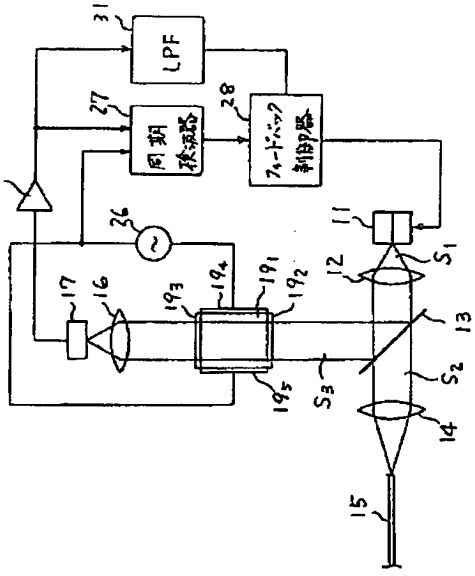
第 5 図



第 6 図



第 3 図



第 4 図